



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑩ **Offenlegungsschrift**
DE 44 27 354 A 1

②1 Aktenzeichen: P 44 27 354.1
②2 Anmeldetag: 2. 8. 94
③ Offenlegungstag: 8. 2. 96

⑤1 Int. Cl.⁶:
B 01 D 53/00
B 01 D 53/22
B 01 D 63/00
C 02 F 1/44
B 01 D 67/00
B 01 D 53/84
// B32B 3/22, C09J
5/06

DE 44 27 354 A 1

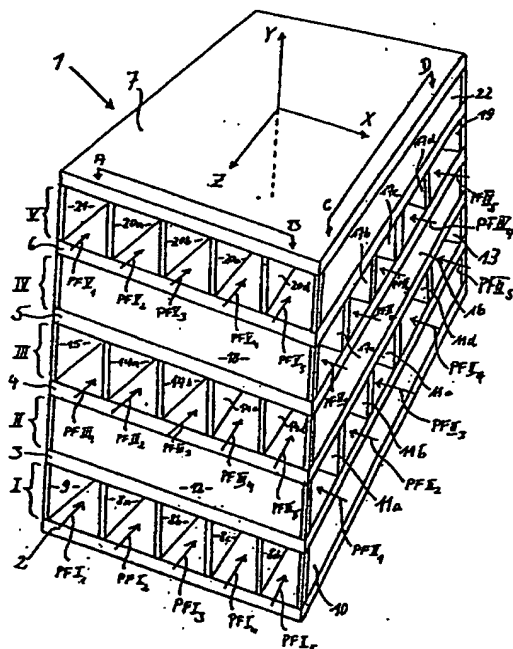
⑦1 Anmelder:
W. L. Gore & Associates GmbH, 85640 Putzbrunn, DE

⑦4 Vertreter:
Klunker und Kollegen, 80797 München

⑦2 Erfinder:
Witzko, Richard, 85521 Riemerling, DE

⑤4 Membranmodul zur Entfernung von gasförmigen Stoffen aus einem Gasstrom (Flüssigkeitsstrom) und Verfahren zur Herstellung eines solchen Membranmoduls

⑤7 Bei dem neuen Membranmodul zur Entfernung von gasförmigen Stoffen aus einem Gasstrom (Flüssigkeitsstrom) ist eine Vielzahl von in Stapelbauweise und im wesentlichen parallel zueinander und übereinander angeordneten, flächigen Membranschichten (2 bis 7) vorgesehen, die aus einem gasdurchlässigen, flüssigkeitsdichten Material bestehen. Innerhalb dieses Membranmoduls (1) ist eine Vielzahl von übereinander angeordneten, fluidführenden Kanalsystemen (I bis V) dadurch ausgebildet, daß je zwei in Axialrichtung (Y) des Membranmoduls (1) aufeinanderfolgende Membranschichten (2, 3 bzw. 3, 4 bzw. 4, 5 bzw. 5, 6 bzw. 6, 7) durch Verbindungsstege (8a bis 8d bzw. 11a bis 11d bzw. 14a bis 14d bzw. 17a bis 17d bzw. 20a bis 20d) miteinander verbunden sind, wobei diese Verbindungsstege jeweils im wesentlichen parallel zueinander verlaufen und Begrenzungswände für nebeneinanderliegende Durchströmungskanäle jeweils eines der Kanalsysteme (I bis V) bilden. Außerdem sind diese Verbindungsstege von Kanalsystem zu Kanalsystem abwechselnd in unterschiedlichen, unter einem festen Winkel von vorzugsweise jeweils im wesentlichen 90° orientiert. Anstelle stegförmiger Verbindungselemente können auch im wesentlichen linienförmige oder quasi-linienförmige Verbindungen verwendet werden. Die übereinander angeordneten, fluidführenden Kanalsysteme (I bis V) bestehen abwechselnd jeweils einerseits aus ersten Durchströmungskanälen für einen zu reinigenden Gasstrom und andererseits aus zweiten ...



DE 44 27 354 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 95 508 066/150

13/32

Die Erfindung betrifft ein Membranmodul zur Entfernung von gasförmigen Stoffen aus einem Gasstrom (Flüssigkeitsstrom), mit den weiteren Merkmalen, wie diese im Oberbegriff des Patentanspruches 1 definiert sind. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Membranmoduls, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 25.

Aus der DE 40 27 126 C1 ist bereits eine Vorrichtung zur Entfernung von gasförmigen Stoffen aus einem gasförmigen Medium durch Mikroorganismen bekannt, wobei die dortigen Membranmodule im wesentlichen aus einem kastenförmigen Gehäuse bestehen, in welchem eine Vielzahl von flächigen Membrantaschen aus einem gasdurchlässigen, flüssigkeitsdichten Material angeordnet ist, wobei die Außenmaße dieser Membrantaschen den Innenmaßen des Gehäuses entsprechen. Zwischen den aufeinanderfolgend angeordneten Membrantaschen sind entlang der seitlichen Kanten stabförmige Abstandselemente vorgesehen, die einen bestimmten Abstand zwischen den Membrantaschen definieren. Das Membranmaterial kann zusätzlich Erhöhungen oder Verstärkungen aufweisen, so daß ein bestimmter Abstand zwischen zwei Membrantaschen über die gesamte Fläche sichergestellt ist. Jede der einzelnen Membrantaschen ist mit einer Zuleitung und einer Ableitung versehen, die in eine gemeinsame Versorgungs- bzw. Entsorgungsleitung münden. Das verwendete Membranmaterial ist gasdurchlässig und flüssigkeitsdicht, vorzugsweise wird eine Polyurethan-Folie eingesetzt. Werden solche bekannten Membranmodule beispielsweise zur Abgasreinigung verwendet, dann sind ganz erhebliche Membranflächen erforderlich. Um ein solches Verfahren wirtschaftlich einsetzen zu können, muß der Herstellungsaufwand minimiert werden. Das Anschließen der für jede Tasche separaten Zu- und Ableitungen an eine gemeinsame Versorgungs- und Entsorgungsleitung ist zeitaufwendig, kompliziert und störungsanfällig. Als weiteren Nachteil muß die Tatsache angesehen werden, daß sich die Membrantaschen unter dem Gewicht der in den Taschen befindlichen Flüssigkeit einseitig auswölben und dadurch den freien Strömungsquerschnitt für den Gasdurchtritt verringern. Eine exakte Berechnung des Strömungswiderstandes ist unter diesen Umständen nur schwer möglich, da er sich zeitabhängig ändert.

Sind die Seitenflächen der Membrantaschen mit Erhöhungen versehen, dann verteuert sich die Herstellung der Membrane und der Wirkungsgrad des Stoffaustausches durch die Membrane hindurch wird herabgesetzt.

Da die Membrantaschen lediglich seitlich gehalten sind, kann es vorkommen, daß die flexible Vorderkante unter dem Staudruck des Gasstromes hochklappt und benachbarte, für den Gasdurchtritt vorgesehene Zwischenräume verschließt.

In der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung P 43 03 936.7 (AT: 10.293) wird ferner ein Membranmodul beschrieben, welches aus einer Vielzahl von flächigen, parallel zueinander und parallel zur Strömungsrichtung des Gasstromes angeordneten Membrantaschen besteht, von denen eine jede einen flachen, umlaufenden Rahmen aufweist, der auf beiden Seiten dichtend mit dem Membranmaterial bespannt ist und senkrecht zu seiner Rahmenebene wenigstens eine Zulaufbohrung und wenigstens eine Ablaufbohrung aufweist, welche die Membrane durchsetzen und zwischen den Membranen durch eine weitere Bohrung oder eine

Nut mit dem Raum verbunden sind, der von den Membranen und dem Rahmen umschlossen ist, wobei darüber hinaus mehrere Membrantaschen derart übereinander gestapelt sind, daß die Zulaufbohrungen und die Ablaufbohrungen jeweils übereinanderliegen und durchgehende Kanäle bilden. In einem solchen, durch aufeinanderfolgend angeordnete Membrantaschen gebildeten Stapel sind die jeweils zwischen den Membrantaschen seitlich angeordneten Abstandshalter als Dichtungen ausgebildet, die Bohrungen aufweisen, welche hinsichtlich Größe und Anordnung mit den Zulauf- und Ablaufbohrungen in dem Rahmen der Membrantaschen übereinstimmen, ferner sind in den jeweiligen Zwischenräumen zwischen den aufeinanderfolgenden Membrantaschen jeweils Stützstrukturen angeordnet, welche den Abstand zwischen den einzelnen Membrantaschen über die gesamte Fläche einer Tasche definieren und beispielsweise durch eine steife Folie mit Zickzack-Profil oder durch eine offenporige Struktur aus biegesteifen Fasern oder Draht gebildet sind. Ein derartiges Membranmodul erfordert die Fertigstellung verschiedener Einzelteile, insbesondere Rahmen, Stützstrukturen und Abstandshalter, welche zur Bildung des resultierenden Membranmoduls zusammengefügt und gegenseitig einjustiert werden müssen. Hierdurch wird insbesondere ein verhältnismäßig hoher Fertigungsaufwand bedingt.

Weiterhin wird in der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung P 43 42 485.6 (AT: 13.1293) eine Vorrichtung zur Entfernung von gasförmigen Stoffen aus einem Gasstrom bzw. Flüssigkeitsstrom beschrieben, bei welcher ein Membranmodul vorgesehen ist, welches im wesentlichen flächige Membrantaschen aus einem flüssigkeitsdichten Material aufweist, die parallel zueinander und parallel zur Strömungsrichtung des Gasstromes angeordnet und zur Aufnahme einer Suspension von Mikroorganismen oder dergleichen eingerichtet sowie über einen Zulauf beschickbar und über einen Ablauf entleerbar sind. Für eine jede Membrantasche dieses Membranmoduls ist ein plattenförmiges Trägereil vorgesehen, an dessen eine Oberfläche angrenzend jeweils eine Membrantasche angeordnet und mit dieser Oberfläche randseitig abdichtend verbunden ist. Auf einer gegenüberliegenden Oberfläche des Trägereils ist eine Reihe von Durchströmungskanälen für Gasstrom ausgebildet, deren Begrenzungswände durch parallele Rippen gebildet sind, die in einem mittleren Bereich des Trägereiles ausgeformt sind, wobei in den an diesen Bereich des Trägereils angrenzenden, beiden Seitenbereichen jeweils Zulauf- und Ablaufbohrungen für die Membrantaschen ausgeformt sind. Die Trägereile sind in dem Membranmodul gemäß der vorgenannten deutschen Patentanmeldung in der Weise übereinandergestapelt, daß sich jeweils eine Membran der Membrantaschen auf den freien Kanten der Rippen an einem jeweils benachbarten Trägereil abstützt und hierbei die offenen Seiten sämtlicher Durchströmungskanäle für den Gasstrom abdeckt, während die in jedem Trägereil ausgesparten Zulauf- und Ablaufbohrungen fluchtend übereinanderliegen und entsprechende Kanäle bilden, die durch den Stapel der Trägereile vollständig hindurchgehen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes, verhältnismäßig einfach aufgebautes Membranmodul der eingangs definierten Art zu schaffen, welches sich insbesondere sehr wirtschaftlich fertigen läßt und so konstruiert ist, daß es auch über länger andauernde Betriebszeiten hinweg bei verbes-

sertem Wirkungsgrad definierte Stoffaustauschverhältnisse bietet. Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Als Kerngedanke der vorliegenden Erfindung wird es angesehen, zur Ausbildung der übereinander angeordneten, fluidführenden Kanalsysteme je zwei in Axialrichtung des Membranmoduls aufeinanderfolgende Membranschichten durch Verbindungen miteinander zu verbinden, die jeweils im wesentlichen parallel zueinander verlaufen und Begrenzungen für nebeneinanderliegende Durchströmungskanäle jeweils eines Kanalsystems bilden, wobei diese Verbindungen von Kanalsystem zu Kanalsystem abwechselnd in unterschiedlichen Richtungen, insbesondere unter einem festen Winkel zueinander stehenden Richtungen, d. h. einmal im wesentlichen in der Längsrichtung, zum anderen im wesentlichen in der Querrichtung, dann wiederum in der Längsrichtung, darauf folgend wiederum in der Querrichtung usw. des Membranmoduls orientiert sind.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Membranmoduls ergeben sich aus den Unteransprüchen 2 bis 27.

Eine in konstruktiver Hinsicht besonders günstige weitere Ausbildung der Erfindung besteht darin, daß die in der Axialrichtung des Membranmoduls abwechselnden Orientierungen der Verbindungen zwischen jeweils zwei in Axialrichtung aufeinander folgenden Membranschichten im wesentlichen kreuzweise erfolgen, d. h. bei einem gegenseitigen Winkelversatz um jeweils 90°.

Die bei dem erfindungsgemäßen Membranmodul vorgesehenen Verbindungen können darüber hinaus im wesentlichen linienförmig oder quasilinienförmig ausgebildet sein. Infolgedessen können diese Verbindungen vorzugsweise durch Klebelinien oder Kleberauppen ausgebildet sein. Außerdem besteht die Möglichkeit, daß die Verbindungen durch stegförmige Verbindungselemente gebildet sind.

Im Falle von durch Klebelinien oder durch Kleberauppen gebildeten Verbindungen können diese beispielsweise aus einem durch Abkühlung erhärtenden, thermoplastischen Material, wie z. B. Polyethylen, Polypropylen, Polyester, oder aus einem Hochtemperatur-Thermoplast, wie z. B. Fluorethylenpropylen oder Perfluoralkoxy bestehen. Derartige Materialien erhärten durch Abkühlung nach dem Aufbringen in Form von Linien oder Raupen. Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit besteht auch darin, daß die Verbindungen aus einem Kleber bestehen, beispielsweise aus einem Einkomponentenkleber, wie etwa Polyurethan oder Acrylat, oder aus einem Mehrkomponentenkleber, wie etwa Epoxyharz. Kleber dieser Art können beispielsweise per Düse oder per Gravurwalze aufgebracht werden und erhärten durch die Zufuhr von Wärme, UV-Bestrahlung oder Elektronenbestrahlung durch Luftfeuchtigkeit oder eine zeitlich ablaufende, chemische Reaktion.

Ferner ist es möglich, die wie oben erläuterten Verbindungen dadurch zu realisieren, daß von vorgefertigten Klebnetzen Gebrauch gemacht wird, die jeweils zwischen zwei in Axialrichtung des Membranmoduls aufeinanderfolgenden Membranschichten aufgebracht werden. Eine Fixierung solcher im Handel erhältlicher Klebnetze erfolgt durch Reaktivierung mittels Wärme. Anstelle von Klebnetzen können auch Kunststoffnetze eingesetzt werden.

Es besteht ferner die Möglichkeit, daß die wie oben erläuterten Verbindungen aus Kunststoff-Schweißdrähten bestehen, beispielsweise aus Polypropylen-, Poly-

ethylen- oder PVC-Drähten, die im Handel in Form von Endlosrollen erhältlich sind. Bei der Anwendung werden diese Drähte, d. h. also nach dem Aufbringen auf die Oberflächen der entsprechenden Membranschichten, mittels Wärme reaktiviert.

Eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Membranmoduls ergibt sich auch dann, wenn die Verbindungen aus im wesentlichen linien- oder stegförmig ausgebildeten Spritzgußteilen bestehen, z. B. aus PVC-Spritzgußteilen, welche auf die Oberflächen der jeweiligen Membranschichten aufgebracht und z. B. mit diesen verschweißt oder verklebt werden können.

Bekanntlich hängt der Wirkungsgrad des Stoffaustausches in derartigen Membranmodulen, neben der Konstruktion der Module, die sich in allererster Linie auf die Strömungsverhältnisse auswirkt, auch von der Eignung der eingesetzten Membranmaterialien ab.

Beispielsweise eignen sich selektive Membranen oder Membranen mit einer selektiven Beschichtung zur Erzielung einer entsprechenden, selektiven Durchlässigkeit für Stoffe. Ein Beispiel für eine Membran mit einer selektiven Beschichtung ist die in der EP-B 01 08 499 offenbarte, mit einem Polysulfidpolymer beschichtete, expandierte PTFE-Membran.

Neben der bereits erwähnten Polyurethanfolie ist es aus der Mikrobiologie bekannt, Zellkulturen in Membrantaschen zu züchten, die luftdurchlässig und flüssigkeitsdicht sind. Als Material für derartige Membranen wurde Polyethylen und Polypropylen vorgeschlagen (US-A 3 184 395), Ethylen-Propylen-Copolymer (US-A-29 41 662) oder auch Silikongummi (WO 90/10690).

Alle diese Membranen haben die Eigenschaft, daß sie gasdurchlässig sind, d. h., daß sie jedenfalls Sauerstoffmoleküle passieren lassen.

Es wurde auch bereits vorgeschlagen, eine mikroporöse, gereckte PTFE-Membran einzusetzen, wie sie unter dem Handelsnamen GORE-TEX (eingetragenes Warenzeichen der Firma W.L. Gore & Associates) auf dem Markt erhältlich sind. Wegen ihrer Eigenschaft, Wasserdampf und Luft durchzulassen, Wasser aber zurückzuhalten, werden derartige Membranen in großem Maßstab bei der Herstellung von Sportkleidung verarbeitet. Die Herstellung derartiger Membranen ist in den US-Patentschriften 3 953 556 und 4 187 390 beschrieben.

Obwohl Membranmodule, die mit einer PTFE-Membran ausgerüstet sind, sich ganz allgemein als Reaktoren für das Stoffaustauschsystem "gasförmig/flüssig" eignen, hat sich gezeigt, daß bei der Abgasreinigung mit Hilfe von Mikroorganismen den Mikroorganismen durch die mikroporöse Membranstruktur zuviel Sauerstoff zugeführt wird. Diese Sauerstoffzufuhr beschleunigt das Wachstum bzw. die Vermehrung der Mikroorganismen in solchem Maße, daß in kurzer Zeit eine Verstopfung der Membranen bzw. der Membrantaschen zu beobachten ist. Der Strömungswiderstand der Membrantaschen wird dann so hoch, daß mit Druckdifferenzen gearbeitet werden müßte, denen die Membrantaschen mechanisch nicht standhalten können.

Es bestand daher ein Bedürfnis für eine Membran, die in erster Linie für die Abgasreinigung mit Hilfe von Mikroorganismen eingesetzt werden kann.

In der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung P 43 26 677.0 (AT: 09.08.93) ist beschrieben, daß sich eine mikroporöse gereckte PTFE-Membran als geeignet erwiesen hat, die eine flächendeckende, kontinuierliche Beschichtung aus einem hydrophilen Material aufweist. Das hydrophile Material muß eine Wasser-

dampfdurchlässigkeit von wenigstens 1000 g pro Quadratmeter und Tag aufweisen. Solche Eigenschaften hat beispielsweise Polyurethan, das als Beschichtung in einer Menge von 1 bis 15 g pro Quadratmeter auf die PTFE-Folie aufgebracht werden kann. Die hydrophile Schicht kann aber auch ein Polyether-Polyurethan oder eine Membran aus Perfluorsulfonsäure sein.

Die Materialkombinationen entsprechen denen, die auch in der Bekleidungsindustrie eingesetzt werden. So ist in der US-A-41 94 041 ein zweischichtiges Laminat aus einer mikroporösen PTFE-Schicht und einer hydrophilen Schicht beschrieben, das im Rahmen der vorliegenden Erfindung ebenfalls eingesetzt werden kann. Auf den Offenbarungsgehalt dieser vorgenannten US-Patentschrift wird daher ausdrücklich Bezug genommen. Da der Wirkungsgrad des Stoffaustausches direkt von der Dicke der Membran abhängt, werden häufig Membranen verwendet, die so dünn sind, daß sie schlechte mechanische Eigenschaften haben, beispielsweise leicht einreißen. Um dies zu verhindern, werden die Membranen vorzugsweise mit einem luftdurchlässigen Trägermaterial verbunden, das vorzugsweise ein Vlies, eine Lochfolie oder ein textiles Material sein kann. Wenn dieses Schichtmaterial zu einer Membran verarbeitet wird, welche bei dem vorliegenden erfindungsgemäßen Membranmodul verwendet wird, muß darauf geachtet werden, daß das Trägermaterial nicht auf diejenige Membranoberfläche zu liegen kommt, welche unmittelbar mit einer flüssigen Reaktionsmischung oder einer Suspension von Mikroorganismen in Berührung gelangt, da derartige Mikroorganismen in die poröse Struktur des Trägermaterials eindringen und dessen Poren verstopfen. Bei Membranen, die mit einem Trägermaterial laminiert sind, muß dieses Trägermaterial auf diejenige Membranaußenseite zu liegen kommen, die durch den zu reinigenden Gasstrom (Flüssigkeitsstrom) beaufschlagt wird.

Um die Schwierigkeiten der Handhabung einer unsymmetrischen Membran zu vermeiden, kann auch eine symmetrisch aufgebaute Membran verwendet werden, wobei in einem solchen Fall das Trägermaterial zwischen zwei mikroporösen PTFE-Folien eingeschlossen wird, die jeweils mit einem hydrophilen Material, vorzugsweise Polyurethan beschichtet sind. Die Vorteile dieses symmetrischen Membranaufbaues werden bis zu einem gewissen Grad durch ihren geringeren Wirkungsgrad aufgewogen.

Der vorliegenden Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Herstellung eines Membranmoduls zur Entfernung von gasförmigen Stoffen aus einem Gasstrom bzw. Flüssigkeitsstrom mit den weiteren Merkmalen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 28 anzugeben.

Dieses erfindungsgemäße Verfahren ist durch den Ablauf der Verfahrensschritte gemäß dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 28 gekennzeichnet.

Weitere vorteilhafte Verfahrensausgestaltungen ergeben sich jeweils aus den Unteransprüchen 29 bis 38.

Aufgrund des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens werden insbesondere zur Ausbildung von übereinander angeordneten, fluidführenden Kanalsystemen je zwei in Axialrichtung des Membranmoduls aufeinanderfolgende Membranschichten durch Einbringen oder Einfügen von Verbindungen in der Weise miteinander verbunden, daß diese Verbindungen jeweils im wesentlichen parallel zueinander verlaufen und Begrenzungen für nebeneinanderliegende Durchströmungskanäle jeweils eines der Kanalsysteme bilden, wobei diese Ver-

bindungen von Kanalsystem zu Kanalsystem abwechselnd in unterschiedlichen, unter einem festen Winkel zueinanderstehenden Richtungen, d. h. einmal im wesentlichen in der Längsrichtung, zum anderen im wesentlichen in der Querrichtung, dann wiederum im wesentlichen in der Längsrichtung, darauffolgend wiederum im wesentlichen in der Querrichtung usw. des Membranmoduls ausgerichtet werden. Zur Vervollständigung dieses Membranmoduls werden sodann dessen Außenseiten in eine aushärtbare Vergußmasse eingebettet, um hierdurch durch deren Aushärtung für jedes Kanalsystem an zwei einander gegenüberliegenden Außenseiten des Membranmoduls seitliche Begrenzungsstege oder -elemente auszubilden, die jeweils parallel zur Richtungsorientierung der jeweiligen Verbindungen in jedem der Kanalsysteme verlaufen und die seitlich äußersten, in der Ebene der entsprechenden Membranmodulaußenseite liegenden Verbindungen zwischen je zwei in Axialrichtung aufeinanderfolgenden Membranschichten bilden. Anschließend wird in denjenigen Bereichen der ausgehärteten Vergußmasse, welche die in der entsprechenden Membranmodulaußenseite liegenden Eintritts- und Austritts-Öffnungen der Durchströmungskanäle jeweils eines Kanalsystems verschließen, die Vergußmasse soweit wieder auf mechanischem Wege entfernt oder abgetragen, bis diese Eintritts- oder Austritts-Öffnungen in der erforderlichen Weise freigelegt sind.

Aufgrund des erfindungsgemäßen Membranmoduls bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Membranmoduls wird der besondere Vorteil erreicht, daß ein verhältnismäßig hoher Wirkungsgrad des Stoffaustausches erzielt wird, hinzu kommt, daß beim Aufbau des erfindungsgemäßen Membranmoduls Membranschichten mit verhältnismäßig dünnen Membran-Stärken verwendbar sind, da diese Membranschichten aufgrund der für sie vorgesehenen Verbindungen eine erhöhte Steifigkeit aufweisen und infolgedessen auch wesentlich besser weiter verarbeitbar sind.

Darüber hinaus können bei dem erfindungsgemäß ausgebildeten Membranmodul die Durchströmungskanäle der einzelnen fluidführenden Kanalsysteme einen im wesentlichen rechteckförmigen Querschnitt aufweisen und infolgedessen eine vergleichsweise hohe Durchflußrate bei verhältnismäßig geringer Bauhöhe erzielen. Letztendlich besitzt die Konstruktionsweise des vorliegenden, erfindungsgemäßen Moduls bei Vergleich mit dem Stand der Technik die Vorteile der Einfachheit und der kostengünstigen Herstellungsmöglichkeit.

Die vorliegende Erfindung wird nunmehr im Rahmen eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, wobei auf die beigelegten Zeichnungen Bezug genommen wird. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische perspektivische Ansicht eines Membranmoduls mit einer Anzahl von in Stapelbauweise parallel zueinander und übereinander angeordneten Membranschichten und mit einer Anzahl von fluidführenden Kanalsystemen, welche innerhalb eines Membranmoduls ausgebildet sind;

Fig. 2 schematisch eine Schnittansicht durch das Membranmodul gemäß Fig. 1, gedacht in der Schnittebene A-B gemäß Fig. 1;

Fig. 3 schematisch eine Schnittansicht durch das Membranmodul gemäß Fig. 1, und zwar gedacht in der Schnittebene C-D gemäß Fig. 1.

Wie aus den Zeichnungen ersichtlich ist, besteht ein allgemein mit der Bezugsziffer 1 bezeichnetes Membranmodul zur Entfernung von gasförmigen Stoffen aus

einem Gasstrom im wesentlichen aus einer Anzahl von in Richtung der Y-Achse in Stapelbauweise übereinander und parallel zu einander angeordneten, flächigen Membranschichten, in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel aus insgesamt sechs im wesentlichen rechteckförmig ausgebildeten Membranschichten 2, 3, 4, 5, 6 und 7, die aus einem gasdurchlässigen, flüssigkeitsdichten Material hergestellt sind, beispielsweise aus einem mikroporösen expandierten PTFE. Die Membranschichten können aber auch aus selektiven Membranen bestehen, oder es werden mit einer selektiven Schicht versehene Membranen verwendet, insbesondere dann, wenn es um die Abtrennung z. B. von CO₂ oder H₂S geht.

Innerhalb dieses Membranmoduls 1 ist ferner eine Anzahl von ebenfalls in Richtung der Y-Achse übereinander angeordneten, fluidführenden Kanalsystemen ausgebildet, in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel insgesamt fünf fluidführende Kanalsysteme I, II, III, IV und V. Ein jedes dieser Kanalsysteme weist eine Anzahl von nebeneinander angeordneten, parallel zueinander verlaufenden Durchströmungskanälen auf, wobei die Kanalsysteme I, III und V jeweils eine Anzahl von ersten Durchströmungskanälen für den zu reinigenden Gasstrom enthalten, während andererseits die Kanalsysteme II und IV jeweils eine Anzahl von zweiten Durchströmungskanälen aufweisen, welche für die Aufnahme bzw. Durchleitung einer flüssigen Reaktionsmischung oder dergleichen, beispielsweise einer Suspension von Mikroorganismen dienen. Somit handelt es sich in dem vorliegend beschriebenen Ausführungsbeispiel eines Membranmoduls bei den Kanalsystemen I, III und V praktisch um gasführende Kanalsysteme, während es sich bei den Kanalsystemen II und IV praktisch um flüssigkeitsführende Kanalsysteme handelt.

Zur Ausbildung dieser Kanalsysteme sind jeweils zwei in Axialrichtung, d. h. in der Richtung der Y-Achse des Membranmoduls 1 aufeinanderfolgende Membranschichten 2 und 3 bzw. 3 und 4 bzw. 4 und 5 bzw. 5 und 6 bzw. 6 und 7 durch entsprechende Verbindungsstege 8a, 8b, 8c und 8d bzw. 11a, 11b, 11c und 11d bzw. 14a, 14b, 14c und 14d bzw. 17a, 17b, 17c, 17d bzw. 20a, 20b, 20c und 20d miteinander verbunden. In jedem der Kanalsysteme I bis V bilden somit diese jeweils im wesentlichen parallel zueinander verlaufenden Verbindungsstege die Begrenzungen für die nebeneinanderliegenden Durchströmungskanäle jeweils eines Kanalsystems, wobei diese Verbindungsstege 8a bis 8d bzw. 11a bis 11d bzw. 14a bis 14d, bzw. 17a bis 17d bzw. 20a bis 20d von Kanalsystem zu Kanalsystem abwechselnd in unterschiedlichen, im wesentlichen unter einem 90°-Winkel zueinander stehenden Richtungen, somit kreuzweise orientiert sind. Mit anderen Worten, die Verbindungsstege 8a bis 8d des ersten Kanalsystems I sind im wesentlichen in der Längsrichtung (Z-Achse) des Membranmoduls 1, die Verbindungsstege 11a bis 11d des zweiten Kanalsystems II im wesentlichen in der Querrichtung, d. h. in Richtung der X-Achse des Membranmoduls 1, die Verbindungsstege 14a bis 14d des dritten Kanalsystems III wiederum im wesentlichen in der Längsrichtung (Z-Achse) des Membranmoduls 1, darauf folgend die Verbindungsstege 17a bis 17d des vierten Kanalsystems IV wiederum im wesentlichen in der Querrichtung des Membranmoduls, und schließlich die Verbindungsstege 20a bis 20d des fünften Kanalsystems V in der Längsrichtung des Membranmoduls 1 ausgerichtet. Die wie oben erläuterten Verbindungsstege sind im allgemeinen so dimensioniert, daß sie eine Höhe im Bereich von 0,5 bis 5 mm, vorzugsweise im Bereich von 1 bis 2 mm so-

wie eine Breite im Bereich von 0,5 bis 5 mm, vorzugsweise im Bereich von 1 bis 2 mm, aufweisen.

Eine jede der Membranschichten 2 bis 7 kann auch aus einer Membran bestehen, die eine erste hydrophobe Schicht aufweist, die eine mikroporöse gereckte PTFE-Folie ist, sowie eine zweite hydrophile Schicht, die mit der ersten Schicht verbunden ist und eine Wasserdampfdurchlässigkeit von über 1000 g pro m² und Tag besitzt. Insbesondere weist eine solche Membran eine Dicke von 0,01 bis 0,5 mm, vorzugsweise eine Dicke von 0,05 bis 0,2 mm auf.

Die jeweils an den Außenseiten des Membranmoduls 1 liegenden Durchströmungskanäle müssen noch durch jeweilige äußere Begrenzungswände abgedichtet werden, und zu diesem Zweck ist ein jedes der Kanalsysteme I bis V an je zwei einander gegenüberliegenden Außenseiten des Membranmoduls 1 durch seitliche Begrenzungsstege 9, 10 bzw. 12, 13 bzw. 15, 16 bzw. 18, 19 bzw. 21, 22 begrenzt, wobei diese Begrenzungsstege jeweils parallel zur Richtungsorientierung der jeweiligen Verbindungsstege 8a bis 8d bzw. 11a bis 11d bzw. 14a bis 14d bzw. 17a bis 17d bzw. 20a bis 20d in jedem der Kanalsysteme I bzw. II bzw. III bzw. IV bzw. V verlaufen. Diese wie oben erläuterten Begrenzungsstege bilden somit die seitlich äußersten, in der Ebene der entsprechenden Membranmodulaußenseiten liegenden Verbindungen zwischen je zwei in Axialrichtung, d. h. in Richtung der Y-Achse aufeinanderfolgenden Membranschichten 2, 3 bzw. 3, 4 bzw. 4, 5 bzw. 5, 6 bzw. 6, 7.

In bevorzugter Weise bestehen diese äußeren Begrenzungsstege jeweils aus einer aushärtbaren Vergußmasse. Um dies zu erreichen, werden vorzugsweise die Außenseiten des Membranmoduls 1, nachdem dieses durch die Übereinanderstapelung der Membranschichten 2 bis 7 und durch die Herstellung der die Membranschichten jeweils gegenseitig verbindenden Verbindungsstege, wie oben erläutert, gefertigt worden ist, in eine aushärtbare Vergußmasse eingebettet, um hierdurch nach dem Aushärten dieser Vergußmasse für jedes Kanalsystem I, II, III, IV und V an zwei einander gegenüberliegenden Außenseiten des Membranmoduls 1 die wie oben erläuterten Begrenzungsstege auszubilden, die jeweils parallel zur Richtungsorientierung der jeweiligen Verbindungsstege in jedem der Kanalsysteme verlaufen und somit die seitlich äußersten, in der Ebene der entsprechenden Membranmodulaußenseite liegenden Verbindungen zwischen je zwei in Axialrichtung, d. h. in Richtung der Y-Achse, aufeinanderfolgenden Membranschichten 2, 3 bzw. 3, 4 bzw. 4, 5 bzw. 5, 6 bzw. 6, 7 bilden. Im Anschluß an diesen Vorgang wird in den Bereichen der ausgehärteten Vergußmasse, welche zunächst die in der entsprechenden Membranmodulaußenseite liegenden Eintritts- und Austritts-Öffnungen der einzelnen Durchströmungskanäle je eines Kanalsystems verschließen, die Vergußmasse soweit wieder entfernt, vorzugsweise auf mechanischem Wege wieder abgetragen, bis diese Eintritts- und Austrittsöffnungen in der erforderlichen Weise freigelegt sind.

Die Verbindungsstege 8a bis 8d bzw. 11a bis 11d bzw. 14a bis 14d bzw. 17a bis 17d bzw. 20a bis 20d können beispielsweise aus PVC-Spritzgußteilen hergestellt sein.

Das wie oben im Rahmen eines Ausführungsbeispiels beschriebene Membranmodul 1 setzt sich somit insgesamt aus den folgenden fünf fluidführenden Kanalsystemen zusammen: einem ersten Kanalsystem I, welches fünf parallel nebeneinanderliegende Durchströmungskanäle für den zu reinigenden Gasstrom enthält, wobei die Strömungsrichtungen in der Z-Achse durch PFI₁,

PFI₂, PFI₃, PFI₄ und PFI₅, gekennzeichnet sind. Einem zweiten Kanalsystem II, welches fünf parallel nebeneinander verlaufende Durchströmungskanäle für "Waschwasser" aufweist, wobei die Strömungsrichtungen durch diese Durchströmungskanäle rechtwinkelig zu den Durchströmungskanälen des ersten Kanalsystems, d. h. in Richtung der X-Achse verlaufen und durch die Pfeile PFII₁, PFII₂, PFII₃, PFII₄ und PFII₅, gekennzeichnet sind.

Einem dritten Kanalsystem III, welches wiederum fünf parallel nebeneinanderliegende Durchströmungskanäle in Richtung der Z-Achse aufweist, wobei diese Kanäle wiederum durch den zu reinigenden Gasstrom in den angedeuteten Richtungen in Richtung der Z-Achse durchströmt werden, gekennzeichnet durch PFIII₁, PFIII₂, PFIII₃, PFIII₄ und PFIII₅.

Einem vierten Kanalsystem IV, welches wiederum fünf parallel nebeneinanderliegende Durchströmungskanäle für "Waschwasser" aufweist, wobei die Strömungsrichtungen in gleicher Weise wie bei dem Kanalsystem II in der X-Achse ausgerichtet sind, gekennzeichnet durch PFI₁, PFI₂, PFI₃, PFI₄ und PFI₅.

Schließlich einem fünften Kanalsystem V, welches fünf parallel nebeneinanderliegende Durchströmungskanäle für den zu reinigenden Gasstrom aufweist, wobei die Strömungsrichtungen wiederum in der Z-Achse verlaufen, in gleicher Weise wie bei den Kanalsystemen I und III, nunmehr gekennzeichnet durch PFV₁, PFV₂, PFV₃, PFV₄ und PFV₅.

Wie bereits oben erläutert, sind die bei dem Membranmodul 1 in Axialrichtung aufeinanderfolgenden fluidführenden Kanalsysteme I bis V mit ihren jeweiligen Durchströmungskanälen jeweils durch eine Membranschicht voneinander getrennt, d. h. die Membranschicht 3 bildet eine Begrenzungswand zwischen dem Kanalsystem I und dem Kanalsystem II, die Membranschicht 4 bildet eine Begrenzungswand zwischen dem Kanalsystem II und dem Kanalsystem in, die Membranschicht 5 bildet eine Begrenzungswand zwischen dem Kanalsystem in und dem Kanalsystem IV und schließlich bildet die Membranschicht 6 eine Begrenzungswand zwischen dem Kanalsystem IV und dem Kanalsystem V. Infolgedessen kommt es zu dem angestrebten Stoffaustausch "gasförmig/flüssig" zwischen den in der Richtung der Y-Achse übereinander angeordneten Kanalsystemen I bis V, wie bereits oben erläutert.

Im übrigen läßt sich das im vorangehenden beschriebene Membranmodul nicht nur zur Reinigung von Gasen einsetzen, sondern auch zur Reinigung von Flüssigkeiten.

Patentansprüche

1. Membranmodul zur Entfernung von gasförmigen Stoffen aus einem Gasstrom (Flüssigkeitsstrom), mit einer Vielzahl von in Stapelbauweise und im wesentlichen parallel zueinander und übereinander angeordneten, flächigen Membranschichten, die aus einem gasdurchlässigen, flüssigkeitsdichten Material bestehen, wobei innerhalb des Membranmoduls eine Vielzahl von fluidführenden Kanalsystemen ausgebildet ist, die einerseits aus ersten Durchströmungskanälen für den zu reinigenden Gasstrom (Flüssigkeitsstrom) und andererseits aus zweiten Durchströmungskanälen für eine flüssige Reaktionsmischung oder dergleichen ("Waschwasser") bestehen, und wobei wenigstens eine Begrenzungswand zwischen den in Axialrichtung aufeinanderfolgenden, ersten und zweiten Durchströmungskanälen durch jeweils eine der Membranschichten gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ausbildung der übereinander angeordneten, fluidführenden Kanalsysteme (I—V) je zwei in Axialrichtung des Membranmoduls (1) aufeinanderfolgende Membranschichten (2, 3 bzw. 3, 4 bzw. 4, 5 bzw. 5, 6 bzw. 6, 7) durch Verbindungen (8a bis 8d bzw. 11a bis 11d bzw. 14a bis 14d bzw. 17a bis 17d bzw. 20a bis 20d) miteinander verbunden sind, die jeweils im wesentlichen parallel zueinander verlaufen und Begrenzungen für nebeneinanderliegende Durchströmungskanäle jeweils eines Kanalsystems (I bis V) bilden, und daß die Verbindungen von Kanalsystem zu Kanalsystem abwechselnd in unterschiedlichen, unter einem festen Winkel zueinander stehenden Richtungen, d. h. einmal im wesentlichen in der Längsrichtung, zum anderen im wesentlichen in der Querrichtung, dann wiederum im wesentlichen in der Längsrichtung, darauf folgend wiederum im wesentlichen in der Querrichtung usw. des Membranmoduls (1) orientiert sind.

2. Membranmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die abwechselnden Orientierungen der Verbindungen kreuzweise, d. h. unter jeweils im wesentlichen 90°-Winkeln erfolgen.

3. Membranmodul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen im wesentlichen linienförmig oder quasi-linienförmig ausgebildet sind.

4. Membranmodul nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen durch Klebelinien oder Kleberauppen gebildet sind.

5. Membranmodul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen durch stegförmige Verbindungselemente gebildet sind.

6. Membranmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen aus einem durch Abkühlung aushärtenden, thermoplastischen Material, wie Polyethylen, Polypropylen, Polyester, oder aus einem Hochtemperatur-Thermoplast, wie z. B. Fluorethylenpropylen oder Perfluoralkoxy oder dergleichen bestehen.

7. Membranmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen aus einem Kleber, wie einem Einkomponentenkleber oder Mehrkomponentenkleber oder dergleichen bestehen.

8. Membranmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen aus vorgefertigten Kleber- oder Kunststoff-Netzen bestehen.

9. Membranmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen aus Kunststoff-Schweißdrähten bestehen.

10. Membranmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen aus im wesentlichen linien- oder stegförmig ausgebildeten Spritzgußteilen, z. B. aus PVC, bestehen.

11. Membranmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen so dimensioniert sind, daß sie eine Höhe im Bereich von 0,5 bis 5 mm, vorzugsweise im Bereich von 1 bis 2 mm aufweisen.

12. Membranmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen so dimensioniert sind, daß sie eine Breite im Bereich von 0,5 bis 5 mm, vorzugsweise

im Bereich von 1 bis 2 mm aufweisen.

13. Membranmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Membranschichten (2 bis 7) aus einer mikroporösen Membran besteht.

14. Membranmodul nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran aus einem gereckten PTFE besteht.

15. Membranmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Membranschichten (2 bis 7) aus einer selektiven Membran bzw. aus einer mit einer selektiven Schicht versehenen Membran besteht.

16. Membranmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Membranschichten (2 bis 7) aus einer Membran besteht, die eine erste hydrophobe Schicht aufweist, die eine mikroporöse gereckte PTFE-Folie ist, sowie eine zweite hydrophile Schicht, die mit der ersten Schicht verbunden ist und die eine Wasserdampfdurchlässigkeit von über 1000 g pro m² und Tag besitzt.

17. Membranmodul nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran eine Dicke von 0,01 bis 0,5 mm, vorzugsweise von 0,05 bis 0,2 mm aufweist.

18. Membranmodul nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die hydrophile Schicht eine Beschichtung aus Polyurethan ist.

19. Membranmodul nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung in einer Menge von 5 bis 15 g pro m² aufgebracht ist.

20. Membranmodul nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die hydrophile Schicht Polyether-Polyurethan ist.

21. Membranmodul nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die hydrophile Schicht eine Membran aus Perfluorsulfonsäure ist.

22. Membranmodul nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die hydrophobe Schicht und die hydrophile Schicht ein Laminat bilden.

23. Membranmodul nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran mit einem luftdurchlässigen Trägermaterial verbunden ist, das vorzugsweise aus Vlies, Lochfolie oder Textil besteht.

24. Membranmodul nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägermaterial zwischen zwei Membranen eingeschlossen ist.

25. Membranmodul nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die hydrophile Schicht der Membran auf derjenigen Membranaußenseite liegt, die durch den zu reinigenden Gasstrom (Flüssigkeitsstrom) beaufschlagt wird.

26. Membranmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Kanalsystem (I bis V) an zwei einander gegenüberliegenden Außenseiten des Membranmoduls (1) durch seitliche Begrenzungsstege (9, 10; 12, 13; 15, 16; 18, 19; 21, 22) begrenzt ist, die jeweils parallel zur Richtungsorientierung der jeweiligen Verbindungen (8a bis 8d; 11a bis 11d; 14a bis 14d; 17a bis 17d; 20a bis 20d) in jedem der Kanalsysteme verlaufen und die seitlich äußersten, in der Ebene der entsprechenden Membranmodulaußenseiten liegenden Verbindungen zwischen je zwei in Axialrichtung aufeinanderfolgenden Membranschichten

(2, 3; 3, 4; 4, 5; 5, 6; 6, 7) bilden.

27. Membranmodul nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Begrenzungsstege (9, 10; 12, 13; 15, 16; 18, 19; 21, 22) aus einer aushärtbaren Vergußmasse bestehen.

28. Verfahren zur Herstellung eines Membranmoduls zur Entfernung von gasförmigen Stoffen aus einem Gasstrom (Flüssigkeitsstrom) mit einer Vielzahl von in Stapelbauweise und im wesentlichen parallel zueinander und übereinander anzuordnenden flächigen Membranschichten, die aus einem gasdurchlässigen, flüssigkeitsdichten Material bestehen, wobei innerhalb des Membranmoduls eine Vielzahl von fluidführenden Kanalsystemen ausgebildet wird, die einerseits aus ersten Durchströmungskanälen für den zu reinigenden Gasstrom (Flüssigkeitsstrom) und andererseits aus zweiten Durchströmungskanälen für eine flüssige Reaktionsmischung oder dergleichen ("Waschwasser") bestehen, und wobei wenigstens eine Begrenzungswand zwischen den in Axialrichtung aufeinanderfolgenden, ersten und zweiten Durchströmungskanälen durch jeweils eine der Membranschichten gebildet wird, insbesondere zur Herstellung eines Membranmoduls nach einem der Ansprüche 1 bis 24, gekennzeichnet durch den Ablauf der Schritte, daß zur Ausbildung von übereinander angeordneten, fluidführenden Kanalsystemen je zwei in Axialrichtung des Membranmoduls aufeinanderfolgende Membranschichten durch Einbringen oder Einfügen von Verbindungen in der Weise miteinander verbunden werden, daß diese Verbindungen jeweils im wesentlichen parallel zueinander verlaufen und Begrenzungen für nebeneinanderliegende Durchströmungskanäle jeweils eines Kanalsystems bilden, und von Kanalsystem zu Kanalsystem abwechselnd in unterschiedlichen, unter einem festen Winkel zueinander stehenden Richtungen, d. h. einmal im wesentlichen in der Längsrichtung, zum anderen im wesentlichen in der Querrichtung, dann wiederum im wesentlichen in der Längsrichtung, darauffolgend wiederum im wesentlichen in der Querrichtung und so fort des Membranmoduls ausgerichtet werden.

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die abwechselnden Ausrichtungen der Verbindungen im wesentlichen kreuzweise, d. h. unter jeweils im wesentlichen 90°-Winkeln vorgenommen werden.

30. Verfahren nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, daß im wesentlichen linienförmige oder quasi-linienförmige Verbindungen ausgebildet werden.

31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen durch Klebelinien oder Kleberaupen gebildet werden.

32. Verfahren nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen durch stegförmige Verbindungselemente gebildet werden.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen mittels eines durch Abkühlen aushärtenden, thermoplastischen Materials, wie Polyethylen, Polypropylen, Polyester, oder mittels eines Hochtemperatur-Thermoplasten, wie z. B. Fluorethylenpropylen oder Perfluoralkoxy oder dergleichen, hergestellt werden.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 31,

dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen mittels eines Klebers, wie z. B. eines Einkomponentenklebers oder eines Mehrkomponentenklebers oder dergleichen, hergestellt werden.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 31, 5
dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen mittels vorgefertigter Kleber-Netze hergestellt werden.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 31, 10
dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen mittels Kunststoff-Schweißdrähten hergestellt werden.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 32, 15
dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen mittels im wesentlichen linien- oder stegförmiger Spritzgußteile, vorzugsweise aus PVC, hergestellt werden.

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 37, 20
dadurch gekennzeichnet, daß die Außenseiten des Membranmoduls in eine aushärtbare Vergußmasse eingebettet werden, um hierdurch nach deren Aushärtung für jedes Kanalsystem an zwei einander gegenüberliegenden Außenseiten des Membranmoduls seitliche Begrenzungsstege auszubilden, die jeweils parallel zur Richtungsorientierung der jeweiligen Verbindungen in jedem der Kanalsysteme 25
verlaufen und die seitlich äußersten, in der Ebene der entsprechenden Membranmodulaußenseite liegenden Verbindungen zwischen je zwei in Axialrichtung aufeinanderfolgenden Membranschichten bilden, und daß anschließend in den Bereichen der ausgehärteten Vergußmasse, welche die in der entsprechenden Membranmodulaußenseite liegenden Eintritts- und Austritts-Öffnungen der Durchströmungskanäle jeweils eines Kanalsystems verschließen, die Vergußmasse soweit wieder auf mechanischem Wege entfernt oder abgetragen wird, bis diese Eintritts- oder Austritts-Öffnungen in der erforderlichen Weise freigelegt sind. 30
40

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

